

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-324946 /

(43)Date of publication of application : 08.12.1998 /

(51)Int.Cl. C22C 38/00
C21D 8/10
C22C 38/38

(21)Application number : 09-137194 /

(71)Applicant : KOMATSU LTD /
SANYO SPECIAL STEEL CO LTD /

(22)Date of filing : 27.05.1997 /

(72)Inventor : OKAWA KAZUhide /
MIYAMOTO MASAKI /
AOTA TAKANORI /

(54) HIGH STRENGTH NON-HEAT TREATED STEEL FOR STEEL TUBE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high strength non-heat treated steel for steel tube, having toughness and weldability as well as sufficient strength and capable of being induction hardened.

SOLUTION: This high strength non-heat treated steel for steel tube has a composition which consists of, by weight ratio, 0.35-0.45% C, 0.10-0.80% Si, 1.2-2.0% Mn, $\leq 0.035\%$ S, 0.3-0.8% Cr, 0.05-0.30% V, 0.01-0.05% Al, 0.008-0.050% N, and the balance Fe with inevitable impurities and in which the carbon equivalent C_{eq} , represented by $C_{eq}=C+1/7Si+1/5Mn+1/9Cr+1/2V$, is regulated to 0.83 to 0.90 and also the amount dT of inclusions based on the JIS point counting is regulated to ≤ 0.12 .

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.03.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]
[Claim 1] By the weight ratio, C:0.35 – 0.45%, Si:0.10–0.80%, Mn: 1.2–2.0%, S:0.035% or less, Cr:0.3–0.8%, V:0.05 – 0.30%, aluminum:0.01–0.05%, and N:0.008 – 0.050% are contained. High intensity non-heat-treated steel for steel pipes which the carbon equivalent C_{eq} expressed with $C+1/7Si+1/5Mn+1/9Cr+1/2V$ is $0.83 \leq C_{eq} \leq 0.90$, and the amount dT of inclusion based on JIS point counting is $dT \leq 0.12$, and is characterized by the remainder consisting of Fe and an unescapable impurity.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the high intensity non-heat-treated steel for steel pipes which can give necessary reinforcement, toughness, weldability, etc., without performing temper processing of hardening annealing etc. in more detail about the high intensity non-heat-treated steel for steel pipes used for shafts or cylinders.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, generally the so-called heat treated steel which gave the temper is used for carbon steel as seamless steel tubes the shafts used for an industrial vehicle or a construction equipment, and for cylinder rods. This heat treated steel is manufactured by performing induction hardening to a required part and forming a hard facing layer in it, after carrying out hardening tempering processing of rolled stock or the roughing article and giving necessary reinforcement and necessary toughness. [0003] However, in such heat treated steel, since there is un-arranging [that it is difficult to obtain a homogeneous thing covering an overall length or heat treatment cost starts], after hot rolling or forging, non-heat-treated steel without the need of heat-treating hardening annealing etc. is proposed [that it is various and], and is put in practical use.

[0004] For example, in JP,5-202447,A, while having the reinforcement more than temper material and an EQC using a precipitation-hardening operation of V, the matrix potentiation of Mn and Cr, and strengthening and a quantity toughness operation of aluminum, Ti, and N, the non-temper high tension seamless steel tubes for cylinders which attained high toughness-ization are proposed.

[0005] Moreover, it sets to JP,4-358025,A. The manufacture approach of a seamless steel pipe that the toughness of a grain-refining organization was excellent by controlling a steel component and hot rolling conditions is proposed, and it sets to JP,8-100214,A. By carrying out atmospheric-air radiationnal cooling of the internal surface of a steel pipe, after carrying out accelerated cooling of the outside surface in Myst of water or water mixing, when this accelerated cooling is interrupted and an outside surface also carries out atmospheric-air radiationnal cooling, the manufacture approach of a high intensity seamless steel pipe of omitting off-line hardening annealing and having obtained desired reinforcement is proposed.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the upper limit is prepared in the carbon equivalent (Ceq) which added the contribution of each alloy element and arranged it by the thing of a publication to JP,5-202447,A, tensile strength is restricted (882N/mm² following) and there is a trouble that the demand to the further thinning (lightweight-izing) by aiming at improvement in reinforcement cannot be met.

[0007] On the other hand, it sets to a thing given in JP,4-358025,A or JP,8-100214,A, and is 2 882Ns/mm. Although it is possible to obtain the above tensile strength, in order to give abrasion resistance, resistance to scuffing, and high fatigue strength, when performing induction hardening to a front face, there is a trouble that the surface hardness demanded as the induction hardening cannot be satisfied. Here, although this surface hardness is decided by the amount of C and it is needed 0.35% or more of generally, in the thing of these official reports, the upper limit of this amount of C is 0.30%.

[0008] Although also making the amount of C increase in the thing of the conventional example is considered in order to make it apply also to induction hardening, toughness and weldability will fall and it will stop in addition, being suitable for use only by making the amount of C increase.

[0009] This invention is to have toughness and weldability and offer the high intensity non-heat-treated steel for steel pipes in which induction hardening is also possible while having sufficient reinforcement (tension strength is 2 882Ns/mm above) for the purpose of canceling such a trouble.

[0010]

[Means for Solving the Problem and its Function and Effect] In order to attain said purpose, the high intensity non-heat-treated steel for steel pipes by this invention By the weight ratio, C:0.35 - 0.45%, Si:0.10-0.80%, Mn: 1.2-2.0%, S:0.035% or less, Cr:0.3-0.8%, V:0.05 - 0.30%, aluminum:0.01-0.05%, and N:0.008 - 0.050% are contained. The carbon equivalent Ceq expressed with $C+1/7Si+1/5Mn+1/9Cr+1/2V$ is $0.83 \leq Ceq \leq 0.90$, and the amount dT of inclusion based on JIS point counting is $dT \leq 0.12$, and it is characterized by the remainder consisting of Fe and an unescapable impurity.

[0011] It sets to the conventional non-heat-treated steel for steel pipes, and tension strength is 2 882Ns/mm. Impact resistance value 2UE20 degree C (impact resistance value in 20 degrees C by 2mmU notch Charpy impact test) is 39.2 J/cm² above. The above is satisfied, and there is no steel in which induction hardening is possible, and there was a limitation in the thinning by high-intensity-izing of a steel pipe. Moreover, there was a trouble that weldability falls by the increment in hardenability, so that it high-intensity-izes, and toughness fell. Then, as a result of examining many things in view of the trouble which these conventional technique has, by limit of the above components, a carbon equivalent, and the amount of inclusion, this invention persons have toughness and weldability in necessary tension strength, and came to complete the high intensity non-heat-treated steel for steel pipes in which induction hardening is also possible.

[0012] In this invention, the reason for limitation of each component is as follows.

[0013] In order that C may secure induction hardening hardness and reinforcement C:0.35 to 0.45%, 0.35% or more is needed. However, since toughness will fall in connection with it if many [too], let 0.45% be an upper limit.

[0014] Si: It is the element dissolved and strengthened in a ferrite 0.10 to 0.80% while Si is the deoxidation material at the time of an ingot, it is added in order to secure reinforcement, and at less than 0.10%, the effectiveness runs short, and since toughness will be degraded on the contrary if many [too], make an upper limit into 0.80%.

[0015] Mn: It is the element dissolved and strengthened in a ferrite 1.2 to 2.0% while Mn is the deoxidation material at the time of an ingot like Si, and in order to secure reinforcement (especially yield strength), need 1.2% or more. However, since toughness will deteriorate if many [too], let 2.0% be an upper limit.

[0016] Since a fall and mechanical property of hot-working nature, and weldability deteriorate, S:0.035% or less S makes an upper limit 0.035%.

[0017] Cr: Although 0.3-0.8%Cr is an element required to dissolve in a ferrite like Mn and secure reinforcement, it needs 0.3% or more for demonstrating the effectiveness. However, since the effectiveness will be saturated and will serve as a cost rise if many [too], let 0.8% be an upper limit.

[0018] V:0.05 - 0.30%V is an element important for depositing detailed carbon nitride and securing reinforcement, and runs short of the operation at less than 0.05%. Even if it adds so much, the effectiveness is saturated, and since it serves as a cost rise, it makes 0.30% an upper limit.

[0019] aluminum: 0.01 - 0.05%aluminum is required to prevent the coarsening prevention at the time of combining with N, generating AlN and rolling out to an element tube with heat continuation punching rolling especially, and coarsening at the time of making it reheat for the deformation resistance reduction at the time of finishing rolling while being the deoxidation material at the time of an ingot like Mn and Si. If there is less aluminum than 0.01%, the above-mentioned effectiveness is not expectable, and since inclusion will be generated and it will have a bad influence on a mechanical property if it adds so much, an upper limit is made into 0.05%.

[0020] N:0.008 - 0.050%N combines with aluminum, generates AlN, is an indispensable element and needs 0.008% or more for coarsening prevention. However, if it adds so much, since hot-working nature and a mechanical property will be degraded, let 0.050% be an upper limit.

[0021] It adds to limitation of the component shown more than [it was expressed with $C+1/7Si+1/5Mn+1/9Cr+1/2V$] carbon equivalent $Ceq:0.83 \leq Ceq \leq 0.90$, and is 2 882Ns/mm in tension strength. In order to realize, the carbon equivalent Ceq given by the above-mentioned formula is restricted to 0.83 or more. However, since toughness falls and weldability also deteriorates so that this carbon equivalent Ceq is made to increase, an upper limit is set to 0.90.

[0022] Since weldability will fall to it if inclusion increases in number in the amount dT:dTof inclusion ≤ 0.12 pan based on JIS point counting, this amount dT of inclusion is restricted to it 0.12 or less.

[0023] This invention is applicable also to the application which can attain lightweight-ization by thinning and performs induction hardening while high-intensity-izing the conventional non-heat-treated steel for steel pipes. Namely, tension strength = it is 2 882Ns/mm. It is impact resistance value 2UE20 degree-C=39.2 J/cm² above. Since weldability is securable while satisfying the above, it is outstanding invention to say of having the surface hardness which can aim at large lightweight-izing and a large cost cut, and is moreover demanded as induction hardening by hollow-izing a steel bar as well as the thinning of the conventional steel pipe.

[0024]

[Example] Next, it is made to contrast with the example of a comparison, and the concrete example of the high intensity non-heat-treated steel for steel pipes by this invention is explained.

[0025] 1t of steel ingots which consist of chemistry and a presentation shown in the numbers 1-12 of Table 1 was ingoted, and cogging was carried out to path phi140mm slab. Subsequently, after heating these slab at 1180 degrees C, punching rolling was carried out so that it might be set to outer-diameter phi138mmx25mm with a piercing mill, the mandrel bar was inserted and extension rolling was carried out with the Tran Subaru elongator at outer-diameter phi121mmx19mm. Then, soak was carried out to 980 degrees C with the reheating furnace, the sinking mill and the sizer performed the outer-diameter squeezing pressure total to phi105mmx20mm, air cooling was carried out, and the tubing material was obtained.

[0026]

[Table 1]

| 番号 | | 化 学 成 分 (wt %, N: ppm) | | | | | | | | Ceq | dT |
|-----|----|------------------------|------|------|-------|------|------|-------|-----|------|-------|
| | | C | Si | Mn | S | Cr | V | Al | N | | |
| 実施例 | 1 | 0.40 | 0.25 | 1.50 | 0.018 | 0.50 | 0.10 | 0.020 | 114 | 0.84 | 0.104 |
| | 2 | 0.45 | 0.30 | 1.32 | 0.015 | 0.33 | 0.15 | 0.040 | 123 | 0.87 | 0.092 |
| | 3 | 0.36 | 0.40 | 1.25 | 0.009 | 0.40 | 0.25 | 0.018 | 101 | 0.84 | 0.078 |
| | 4 | 0.40 | 0.28 | 1.48 | 0.032 | 0.50 | 0.10 | 0.034 | 114 | 0.84 | 0.118 |
| | 5 | 0.36 | 0.24 | 1.80 | 0.012 | 0.48 | 0.11 | 0.018 | 108 | 0.86 | 0.088 |
| 比較例 | 6 | 0.39 | 0.22 | 1.28 | 0.005 | 0.14 | 0.06 | 0.012 | 133 | 0.72 | 0.067 |
| | 7 | 0.41 | 0.35 | 1.70 | 0.019 | 0.48 | 0.11 | 0.011 | 88 | 0.91 | 0.099 |
| | 8 | 0.41 | 0.25 | 1.55 | 0.039 | 0.50 | 0.10 | 0.022 | 118 | 0.86 | 0.122 |
| | 9 | 0.47 | 0.33 | 1.23 | 0.015 | 0.33 | 0.11 | 0.026 | 128 | 0.85 | 0.091 |
| | 10 | 0.41 | 0.82 | 1.34 | 0.011 | 0.31 | 0.05 | 0.015 | 139 | 0.85 | 0.086 |
| | 11 | 0.35 | 0.12 | 2.05 | 0.018 | 0.41 | 0.05 | 0.032 | 142 | 0.85 | 0.101 |
| | 12 | 0.39 | 0.21 | 1.50 | 0.007 | 0.78 | 0.13 | 0.008 | 66 | 0.87 | 0.072 |

[0027] In addition, in this table 1, numbers 1-5 are the steel of the example of this invention, and numbers 6-12 are the steel of the example of a comparison. The number 6 runs short of carbon equivalents Ceq to 0.83, and, as for the number 7, the carbon equivalent Ceq is over 0.90. Moreover, a number 8 has more amounts dT of inclusion than 0.12. Furthermore, C, Si, and Mn of numbers 9, 10, and 11 are beyond upper limits, respectively. aluminum and N of a number 12 are below minimums.

[0028] In these tubing materials, it examined to a rolling direction and parallel by beginning to shave the piece of a tensile test (JIS No. 4), and a test piece for Charpy impact test (JIS No. 3). Moreover, as shown in drawing 1, weld cracking when welding to the components 1 which have cavernous 1a inside was investigated. This component 1 comes to weld the test specimen (tubing material) 2 prepared in a center section, and the welding partner material 3 and 3 prepared in the both sides of that test specimen 2 by weld zones 5 and 5 through back-up rings 4 and 4, and investigated weld cracking of the weld zones 5 and 5 in this component 1. As a welding condition, they were welding current 190A, welding electrical-potential-difference 28V, and speed-of-travel 0.6rpm. This test result is

shown in Table 2. In addition, an air bleed hole is shown by sign 1b in drawing 1.

[0029]

[Table 2]

| | 番号 | 引張強さ (N/mm ²) | 衝撃値 (J/cm ²) | 溶接割れ |
|-----|----|------------------------------|-----------------------------|------|
| 実施例 | 1 | 948 | 56.8 | OK |
| | 2 | 993 | 49.2 | OK |
| | 3 | 985 | 60.2 | OK |
| | 4 | 938 | 50.3 | OK |
| | 5 | 1004 | 61.3 | OK |
| 比較例 | 6 | 853 | 55.0 | OK |
| | 7 | 1087 | 33.9 | NG |
| | 8 | 938 | 49.9 | NG |
| | 9 | 989 | 38.7 | OK |
| | 10 | 970 | 34.4 | OK |
| | 11 | 943 | 36.2 | OK |
| | 12 | 999 | 38.8 | OK |

[0030] For all of the thing of numbers 1-5, tension strength is 2 882Ns/mm so that clearly from this table 2. Impact resistance value 2UE20 degree C is 39.2 J/cm² above. The above is satisfied and weld cracking has not happened, either. On the other hand, although it is satisfied with the thing of a number 6 of the impact resistance value, since carbon equivalents Ceq run short to 0.83, in it, it is in desired tension strength. Since, as for the thing of a number 7, the carbon equivalent Ceq is over 0.90, although tension strength is satisfied, the impact resistance value is less than desired value, and weld cracking has also happened. Moreover, although the thing of a number 8 reached in tension strength and the impact resistance value is satisfied, since there is much inclusion, weld cracking has happened. Although the thing of numbers 9-12 reached in tension strength and weldability is satisfied, the impact resistance value is not satisfied.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 is the sectional view of the test piece for performing a weld cracking test.

[Description of Notations]

1 Components

1a Cavity

1b Air bleed hole

2 Tubing Material (Test Specimen)

3 Welding Partner Material

4 Back-up Ring

5 Weld Zone

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-324946

(43) 公開日 平成10年(1998)12月8日

| | | | |
|------------------------------|-------|---------------|---------|
| (51) Int.Cl. ⁸ | 識別記号 | F I | |
| C 2 2 C 38/00 | 3 0 1 | C 2 2 C 38/00 | 3 0 1 A |
| | | | 3 0 1 Z |
| C 2 1 D 8/10 | | C 2 1 D 8/10 | B |
| C 2 2 C 38/38 | | C 2 2 C 38/38 | |
| 審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁) | | | |

| | | | |
|-----------|-----------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願平9-137194 | (71) 出願人 | 000001236 株式会社小松製作所 東京都港区赤坂二丁目3番6号 |
| (22) 出願日 | 平成9年(1997)5月27日 | (71) 出願人 | 000180070 山陽特殊製鋼株式会社 兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地 |
| | | (72) 発明者 | 大川 和英 大阪府枚方市上野3丁目1-1 株式会社 小松製作所生産技術研究所内 |
| | | (72) 発明者 | 宮本 昌樹 兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地 山陽特殊製鋼株式会社内 |
| | | (74) 代理人 | 弁理士 井上 勉 |
| | | 最終頁に続く | |

(54) 【発明の名称】 鋼管用高強度非調質鋼

(57) 【要約】

【課題】 十分な強度を有するとともに、靱性および溶接性を有し、かつ高周波焼入れも可能な鋼管用高強度非調質鋼を提供する。

【解決手段】 鋼管用高強度非調質鋼を、重量比で、
C: 0.35~0.45%、Si: 0.10~0.80%、Mn: 1.2~2.0%、S: 0.035%以下、
Cr: 0.3~0.8%、V: 0.05~0.30%、
Al: 0.01~0.05%、N: 0.008~0.050%を含有し、 $C+1/7Si+1/5Mn+1/9Cr+1/2V$ で表される炭素当量 C_{eq} が $0.83 \leq C_{eq} \leq 0.90$ であり、JIS点算法に基づく介在物量 d_T が $d_T \leq 0.12$ であり、残部がFeおよび不可避不純物よりなるものとする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量比で、C：0.35～0.45%、Si：0.10～0.80%、Mn：1.2～2.0%、S：0.035%以下、Cr：0.3～0.8%、V：0.05～0.30%、Al：0.01～0.05%、N：0.008～0.050%を含有し、 $C+1/7Si+1/5Mn+1/9Cr+1/2V$ で表される炭素当量 C_{eq} が $0.83 \leq C_{eq} \leq 0.90$ であり、JIS点算法に基づく介在物量 dT が $dT \leq 0.12$ であり、残部がFeおよび不可避不純物よりなることを特徴とする鋼管用高強度非調質鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、シャフト類もしくはシリンダ類等に用いられる鋼管用高強度非調質鋼に関し、より詳しくは焼入れ焼戻し等の調質処理を行わずに所要の強度、靱性、溶接性を付与することのできる鋼管用高強度非調質鋼に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、産業車両もしくは建設機械等に使用されるシャフト類、シリンダロッド用の継目無鋼管として、炭素鋼に調質を施したいわゆる調質鋼が一般的に用いられている。この調質鋼は、圧延材もしくは荒加工品を焼入れ焼戻し処理して所要の強度および靱性を付与した後、必要な部位に高周波焼入れを施して表面硬化層を形成することにより製造される。

【0003】ところが、このような調質鋼においては、全長にわたって同質のものを得ることが困難であったり、熱処理コストがかかるといった不都合があることから、熱間圧延もしくは鍛造後に焼入れ焼戻しなどの熱処理を行う必要のない非調質鋼がいろいろと提案され、また実用化されている。

【0004】例えば特開平5-202447号公報においては、Vの析出硬化作用とMn、Crのマトリックス強化作用およびAl、Ti、Nの強化・高靱性作用を利用して、調質材と同等以上の強度を有するとともに、高靱性を達成したシリンダ用非調質高張力継目無鋼管が提案されている。

【0005】また、特開平4-358025号公報においては、鋼成分および熱間圧延条件を制御することによって細粒化組織の靱性の優れたシームレス鋼管の製造方法が提案され、また特開平8-100214号公報においては、鋼管の内表面を大気放冷し、外表面は水あるいは気水混合のミストで加速冷却した後、この加速冷却を中断し外表面も大気放冷することにより、オフラインの焼入れ焼戻しを省略して所要の強度を得るようにした高強度シームレス鋼管の製造方法が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平5-202447号公報に記載のものでは、各合金元素

の寄与率を足し合わせて整理した炭素当量(C_{eq})に上限が設けられているために、引張り強度が制限され(882N/mm²以下)、強度の向上を図ることによる更なる薄肉化(軽量化)への要求に応えることができないという問題点がある。

【0007】一方、特開平4-358025号公報もしくは特開平8-100214号公報に記載のものにおいては、882N/mm²以上の引張り強度を得ることが可能であるが、耐摩耗性、耐かじり性および高疲労強度を付与するために表面に高周波焼入れを施す場合に、その高周波焼入れとして要求される表面硬さを満足することができないという問題点がある。ここで、この表面硬さはC量で決まり、一般的には0.35%以上が必要とされるものであるが、これら公報のものでは、このC量の上限が0.30%となっている。

【0008】なお、高周波焼入れにも適用させるために、従来例のものにおいてC量を増加させることも考えられるが、単にC量を増加させるだけでは、靱性および溶接性が低下して使用に適さなくなってしまう。

【0009】本発明は、このような問題点を解消することを目的として、十分な強度(引張り強さが882N/mm²以上)を有するとともに、靱性および溶接性を有し、かつ高周波焼入れも可能な鋼管用高強度非調質鋼を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段および作用・効果】前記目的を達成するために、本発明による鋼管用高強度非調質鋼は、重量比で、C：0.35～0.45%、Si：0.10～0.80%、Mn：1.2～2.0%、S：0.035%以下、Cr：0.3～0.8%、V：0.05～0.30%、Al：0.01～0.05%、N：0.008～0.050%を含有し、 $C+1/7Si+1/5Mn+1/9Cr+1/2V$ で表される炭素当量 C_{eq} が $0.83 \leq C_{eq} \leq 0.90$ であり、JIS点算法に基づく介在物量 dT が $dT \leq 0.12$ であり、残部がFeおよび不可避不純物よりなることを特徴とするものである。

【0011】従来の鋼管用非調質鋼において、引張り強さが882N/mm²以上、衝撃値、 E_{20}^C (2mmUノッチシャルピー衝撃試験による20℃での衝撃値)が39.2J/cm²以上を満足し、かつ高周波焼入れが可能な鋼はなく、鋼管の高強度化による薄肉化には限界があった。また、高強度化するほど焼入れ性の増加により溶接性が低下し、また靱性が低下するという問題点があった。そこで、本発明者らは、これら従来技術の有する問題点を鑑みて種々検討した結果、上述のような成分、炭素当量および介在物量の制限によって、所要の引張り強さ、靱性および溶接性を有し、かつ高周波焼入れも可能な鋼管用高強度非調質鋼を完成させるに至ったのである。

【0012】本発明において各成分の限定理由は次のとおりである。

【0013】C: 0.35~0.45%

Cは、高周波焼入れ硬さと強度を確保するために0.35%以上を必要とする。しかし、多すぎるとそれに伴って靱性が低下するため0.45%を上限とする。

【0014】Si: 0.10~0.80%

Siは、溶製時の脱酸材であるとともに、フェライト中に固溶して強化する元素であり、強度を確保するために添加され、0.10%未満ではその効果が不足し、多すぎると却って靱性を劣化させるので上限を0.80%とする。

【0015】Mn: 1.2~2.0%

Mnは、Siと同様に溶製時の脱酸材であるとともに、フェライト中に固溶して強化する元素であり、強度（特に降伏強度）を確保するために1.2%以上を必要とする。しかし、多すぎると靱性が劣化するので2.0%を上限とする。

【0016】S: 0.035%以下

Sは、熱間加工性の低下および機械的性質、溶接性が劣化するので上限を0.035%とする。

【0017】Cr: 0.3~0.8%

Crは、Mnと同様にフェライト中に固溶して強度を確保するのに必要な元素であるが、その効果を発揮するには0.3%以上を必要とする。しかし、多すぎるとその効果は飽和し、コストアップとなるため0.8%を上限とする。

【0018】V: 0.05~0.30%

Vは、微細な炭窒化物を析出して強度を確保するのに重要な元素であり、0.05%未満ではその作用が不足する。多量に添加してもその効果は飽和し、コストアップとなることから0.30%を上限とする。

【0019】Al: 0.01~0.05%

Alは、MnおよびSiと同様に溶製時の脱酸材であるとともに、Nと結合してAlNを生成し、特に熱間連続穿孔圧延にて素管に圧延する際の結晶粒粗大化防止と、仕上げ圧延時の変形抵抗低減のために再熱させる際の結晶粒粗大化を防止するのに必要である。Alが0.01%より少ないと上記効果は期待できず、多量に添加すると介在物を生成して機械的特性に悪影響を及ぼすので上限を0.05%とする。

【0020】N: 0.008~0.050%

Nは、Alと結合してAlNを生成して結晶粒粗大化防止に必須の元素であり、0.008%以上を必要とする。しかし、多量に添加すると、熱間加工性および機械的性質を劣化させるので0.050%を上限とする。

【0021】 $C + 1/7 Si + 1/5 Mn + 1/9 Cr + 1/2 V$ で表される炭素当量 $C_{..}$: $0.83 \leq C_{..} \leq 0.90$

以上に示した成分の限定に加え、引張り強さ $882 N/mm^2$ を実現するために上記式で与えられる炭素当量 $C_{..}$ を0.83以上に制限する。しかし、この炭素当量 $C_{..}$ を増加させるほど靱性が低下し、また溶接性も劣化するので、上限を0.90とする。

【0022】JIS点算法に基づく介在物量 $dT: dT \leq 0.12$

さらに、介在物が多くなると溶接性が低下するので、この介在物量 dT を0.12以下に制限する。

【0023】本発明は、従来の鋼管用非調質鋼を高強度化するとともに、薄肉化による軽量化を達成することができ、かつ高周波焼入れを行う用途にも適用可能である。すなわち、引張り強さ $= 882 N/mm^2$ 以上、衝撃値 $_{10} E_{10} = 39.2 J/cm^2$ 以上を満足すると同時に溶接性を確保することができるので、従来の鋼管の薄肉化はもちろん、棒鋼を中空化することにより大幅な軽量化とコストダウンを図ることができ、しかも高周波焼入れとして要求される表面硬さを有するという優れた発明である。

【0024】

【実施例】次に、本発明による鋼管用高強度非調質鋼の具体的実施例について、比較例と対比させて説明する。

【0025】表1の番号1~12に示される化学・組成よりなる鋼塊1tを溶製し、径 $\phi 140 mm$ の鋼片に鍛伸した。次いで、これら鋼片を $1180^\circ C$ に加熱した後、ピアシングミルにて外径 $\phi 138 mm \times 25 mm$ になるように穿孔圧延し、マンドレルバーを挿入してトランスバルエロンゲーターにて外径 $\phi 121 mm \times 19 mm$ に延伸圧延した。この後、再熱炉にて $980^\circ C$ に均熱してシンキングミルおよびサイザーにより $\phi 105 mm \times 20 mm$ に外径絞り圧延を行って空冷し、管材を得た。

【0026】

【表1】

| 番号 | | 化 学 成 分 (wt %, N : ppm) | | | | | | | | Ceq | dT |
|-----|----|-------------------------|------|------|-------|------|------|-------|-----|------|-------|
| | | C | Si | Mn | S | Cr | V | Al | N | | |
| 実施例 | 1 | 0.40 | 0.25 | 1.50 | 0.018 | 0.50 | 0.10 | 0.020 | 114 | 0.84 | 0.104 |
| | 2 | 0.45 | 0.30 | 1.32 | 0.015 | 0.33 | 0.15 | 0.040 | 123 | 0.87 | 0.092 |
| | 3 | 0.36 | 0.40 | 1.25 | 0.009 | 0.40 | 0.25 | 0.018 | 101 | 0.84 | 0.078 |
| | 4 | 0.40 | 0.26 | 1.48 | 0.032 | 0.50 | 0.10 | 0.034 | 114 | 0.84 | 0.118 |
| | 5 | 0.36 | 0.24 | 1.80 | 0.012 | 0.48 | 0.11 | 0.018 | 108 | 0.86 | 0.088 |
| 比較例 | 6 | 0.39 | 0.22 | 1.28 | 0.005 | 0.14 | 0.06 | 0.012 | 133 | 0.72 | 0.067 |
| | 7 | 0.41 | 0.35 | 1.70 | 0.019 | 0.48 | 0.11 | 0.011 | 88 | 0.91 | 0.099 |
| | 8 | 0.41 | 0.25 | 1.55 | 0.039 | 0.50 | 0.10 | 0.022 | 118 | 0.86 | 0.122 |
| | 9 | 0.47 | 0.33 | 1.23 | 0.015 | 0.33 | 0.11 | 0.026 | 128 | 0.85 | 0.091 |
| | 10 | 0.41 | 0.82 | 1.34 | 0.011 | 0.31 | 0.05 | 0.015 | 139 | 0.85 | 0.086 |
| | 11 | 0.35 | 0.12 | 2.05 | 0.018 | 0.41 | 0.05 | 0.032 | 142 | 0.85 | 0.101 |
| | 12 | 0.39 | 0.21 | 1.50 | 0.007 | 0.78 | 0.13 | 0.008 | 66 | 0.87 | 0.072 |

【0027】なお、この表1において、番号1～5は本発明の実施例の鋼であり、番号6～12は比較例の鋼である。番号6は炭素当量 C_{eq} が0.83に対して不足しており、番号7は炭素当量 C_{eq} が0.90を越えている。また、番号8は介在物量dTが0.12より多い。さらに、番号9、10、11は、それぞれC、Si、Mnが上限以上である。番号12はAlおよびNが下限以下である。

【0028】これら管材において、圧延方向と平行に引張り試験片(JIS4号)およびシャルピー衝撃試験片(JIS3号)を削り出して試験を行った。また、図1に示されるように、内部に空洞1aを有する部品1に溶接した時の溶接割れを調査した。この部品1は、中央部に設けられる供試材(管材)2とその供試材2の両側に設けられる溶接相手材3、3とをバックアップリング4、4を介して溶接部5、5にて溶接してなるものであり、この部品1における溶接部5、5の溶接割れを調査した。溶接条件としては、溶接電流190A、溶接電圧28V、溶接速度0.6rpmであった。この試験結果が表2に示されている。なお、図1において、符号1bで示されるのは空気抜き孔である。

【0029】

【表2】

| 番号 | | 引張強さ (N/mm ²) | 衝撃値 (J/cm ²) | 溶接割れ |
|-----|----|------------------------------|-----------------------------|------|
| 実施例 | 1 | 948 | 56.8 | OK |
| | 2 | 993 | 49.2 | OK |
| | 3 | 985 | 60.2 | OK |
| | 4 | 938 | 50.3 | OK |
| | 5 | 1004 | 61.3 | OK |
| 比較例 | 6 | 853 | 55.0 | OK |
| | 7 | 1087 | 33.9 | NG |
| | 8 | 938 | 49.9 | NG |
| | 9 | 989 | 38.7 | OK |
| | 10 | 970 | 34.4 | OK |
| | 11 | 943 | 38.2 | OK |
| | 12 | 999 | 38.8 | OK |

【0030】この表2から明らかなように、番号1～5のものは、すべて引張り強さは882N/mm²以上、衝撃値 $E_{20}^{\circ}C$ は39.2J/cm²以上を満足し、溶接割れも起こっていない。これに対して、番号6のものでは、衝撃値は満足しているものの、炭素当量 C_{eq} が0.83に対して不足しているために所望の引張り強さには及ばない。番号7のものは炭素当量 C_{eq} が0.90を越えているため、引張り強さは満足しているものの、衝撃値が目標値を下回っており、また溶接割れも起こっている。また、番号8のものは、引張り強さおよび衝撃値は満足しているものの、介在物が多いために溶接割れが起こっている。番号9～12のものは、引張り強さおよび溶接性は満足しているものの、衝撃値を満足していない。

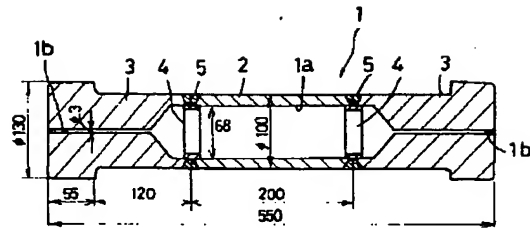
【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、溶接割れ試験を行うための試験片の断面図である。

【符号の説明】

- 1 部品
- 1a 空洞
- 1b 空気抜き孔
- 2 管材(供試材)
- 3 溶接相手材
- 4 バックアップリング
- 5 溶接部

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 青田 隆則

兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地

山陽特殊製鋼株式会社内